

## 同軸型アークプラズマガンによる窒素ドーピング n 型超ナノ微結晶ダイヤモンド/水素化アモルファスカーボン混相膜の創製

儀間弘樹<sup>1</sup>, Abdelrahman M. A.<sup>1</sup>, 吉武剛<sup>1</sup>, 富永亜希<sup>1</sup>, 瀬戸山寛之<sup>2</sup>, 隅谷和嗣<sup>2</sup>, 平井康晴<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院総合理工学研究院, <sup>2</sup>九州シンクロトロン光研究センター

超ナノ微結晶ダイヤモンド(UNCD)は、UNCD 結晶の周りを水素化アモルファスカーボン(a-C:H)が取り囲む構造をもつ。膜中に無数の結晶粒界が内在し、それに起因すると考えられる特有の光・電気特性が発現するので、新規受光素子への応用が期待できる。我々は近年、物理気相成長法であるレーザーアブレーション法(PLD)およびアークプラズマ蒸着法(CAPD)により UNCD/a-C:H 膜の作製に成功した。同軸型アークプラズマガンによる成膜では、堆積速度は 400 nm/min と極めて早く、低ランニングコスト、成膜面積の拡大が容易といった特長があるため、PLD 法よりも工学的応用に有利な堆積法である。本研究では、同軸型アークプラズマガンによる UNCD/a-C:H 膜への窒素ドーピングによる n 型膜創製を試み、膜中の化学結合構造および電気特性の変化を調べたので報告する。窒素ドーピング量の制御は、水素と窒素の流量比でコントロールした。伝導型は熱起電力法により判別し、n 型であることを確認した。作製した窒素ドーピング膜の構造評価を光電子分光法(SAGA-LS BL12)で行った。XPS スペクトルから、膜中に N1s ピークが出現し、膜中に窒素がドーピングされていること、さらに窒素流量の増加に伴い、光電子強度の増加が確認された。また、N ドーピング量増加に伴って C1s ピークが高エネルギー側にシフトした。膜の電気伝導度も明らかに上昇したことも考慮すると、これは sp<sup>2</sup> 結合および C=N 結合が増加したためと考えられる。その他詳細は当日に報告する。

本研究の一部は、文部科学省先端研究施設共用促進事業 JST ALCA, マツダ財団の援助により行われた。

# 同軸型アークプラズマガンによる窒素ドーピングn型超ナノ微結晶ダイヤモンド/ 水素化アモルファスカーボン混相膜の創製

儀間弘樹, Abdelrahman Zkria, 吉武剛  
九州大学 総合理工学府



## 1. Background

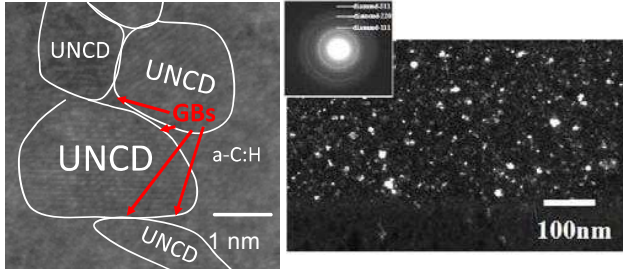


Fig. 1. TEM image of UNCD/a-C:H prepared by PLD. (a) Surface and (b) DF image of cross section

[Ref.] T. Yoshitake et al. *Jpn. J. Appl. Phys.* vol.46 (2007) L936-L938

### What's UNCD?

! It is nanocrystalline #diamond/ & hydrogenated amorphous Carbon Composite Films (UNCD/a-C:H) Crystallites size less than 10 nm (grain). Grain Boundaries (GBs) (Specific to the UNCD/a-C:H).

Application:  
Coating, Heat sink, Field Emission, Optoelectronics

Previous research, UNCD/a-C:H films are prepared by chemical vapor deposition (CVD). Our laboratory succeeded to form undoped UNCD/a-C:H film using physical vapor deposition (PVD)

→ Pulsed Laser Deposition (PLD)  
Coaxial Arc Plasma Deposition (CAPD)

### Purpose of this research :

Fabrication of n-type UNCD/a-C:H films deposited by coaxial arc plasma deposition (CAPD).

## 2. Experimental Methods

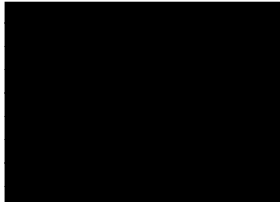


Fig. 2. Coaxial Arc Plasma gun image.

Tab. 1. Comparison of CVD and CAPD

	CVD	CAPD
Rate of Film Growth	5nm/min	400nm/min
Temp. of film Growth	High	RT – 550°C
Cost	High	Low
Material	Toxic gas	Graphite target



Fig. 3. Coaxial Arc Plasma Deposition System

## Evaluation method

◆ van der Pauw

◆ Current – voltage characteristics of nitrogen doped UNCD/a-C:H and p-type Si heterojunctions

◆ XPS, SR-PES

## 3. Results and discussions

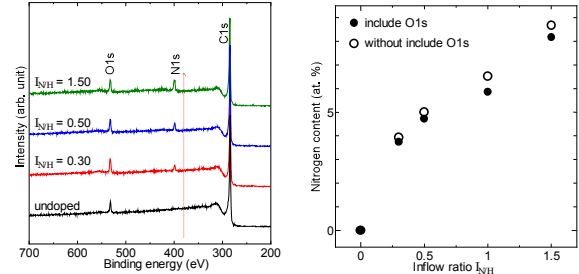


Fig. 4. XPS wide scan spectrum and relationships of nitrogen content in the film and inflow ratio  $I_{N/H}$

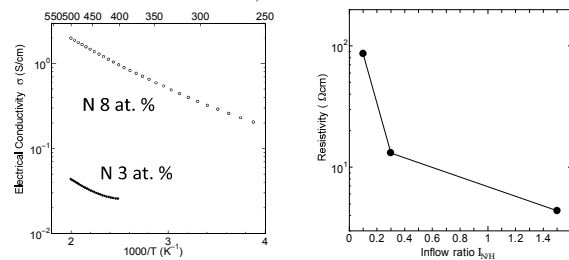


Fig. 5 Temperature dependence of electrical conductivities of 8 and 3 at. % nitrogen-doped UNCD/a-C:H films.

The amount of nitrogen content in the film enhanced with the increased in the nitrogen flow rate.

→ Increase Nitrogen flow rate  
→ Increase Electrical Conductivity.

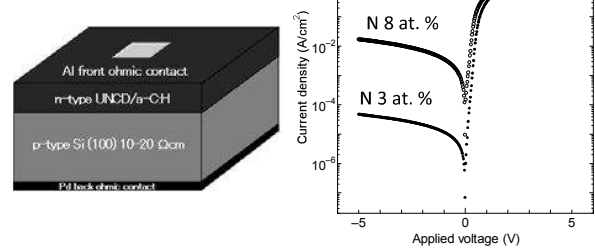


Fig. 6. Current-voltage (C-V) characteristics of diodes comprising p-type silicon substrates 3 and 8 at. % nitrogen-doped UNCD/a-C:H films.

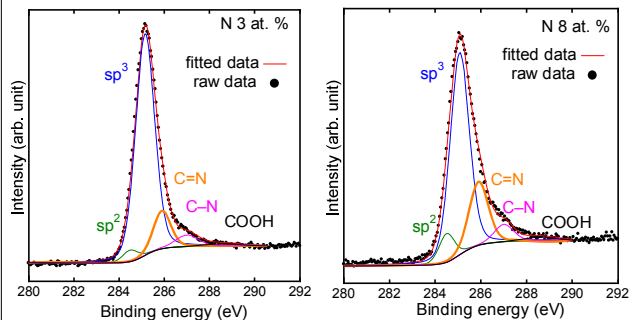


Fig. 6. SR-PES C1s spectrum of the N 3 at. % and N 8 at. % doped films

## 6. Conclusion

◆ n-type UNCD/a-C:H films were fabricated by CAPD with nitrogen atmosphere.

◆ The n-type conduction by N-doping was confirmed thermally and a pn-junction with n-UNCD/p-type silicon exhibited a typical rectification action.

◆ We experimentally proved that nitrogen incorporated into UNCD/a-C:H and it acts as effective n-type donor.